

УДК 622.271

И.Л. Гуменик, А.И. Панасенко, В.В. Летучий

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Установлена закономерность изменения размеров нарушаемых площадей земли, а так же степени и качества их восстановления по мере роста мощности вскрыши и глубины карьеров.

Ключевые слова: карьер, горный и земельный отвалы, восстановление нарушенных земель.

Семинар № 8

**I.L. Gumenik, A.I. Panasenko,
V.V. Letuchij**
**ECOLOGICAL AND ECONOMIC
ESTIMATION OF HORIZONTAL
DEPOSITS OPENING WAYS**

It is established appropriateness of changes of broken earth areas sizes, and also the degrees and qualities of their restoration in process of capping capacity growth and depths of open-cast mines.

Key words: open-cast mine, mining and ground setting aside, restoration of the broken acres.

Выбор рационального способа вскрытия месторождения является сложной задачей проектирования карьеров, от успешного решения которой в значительной степени зависит экономичность разработки месторождения. Эта задача решается как на стадии проектирования новых, так и при реконструкции действующих карьеров. Сложность задачи заключается в том, что способ вскрытия нельзя рассматривать изолированно, в отрыве от системы разработки, вида транспорта, условий залегания месторождения, режима горных работ. В связи с этим при установлении эффективного способа вскрытия необходимо учитывать влияние большого

количества факторов: естественные (природные), технологические, организационно-технические и экономические. На выбор способа вскрытия карьеров наибольшее влияние оказывают естественные, технологические и экологические факторы, но при определенных условиях решающими могут быть и другие.

Принимаемые с учетом приведенных факторов принципиальные решения по выбору рационального способа вскрытия носят в известной мере субъективный характер. Они в значительной степени зависят от опыта и умения проектанта принять оптимальные решения, приближающиеся в большей или меньшей степени к объективно необходимым.

Качественная оценка предусматривает анализ условий залегания месторождения и выбор соответствующего им способа вскрытия. Затем намечаются наиболее вероятные варианты, т.е. формируются технически возможные схемы вскрытия.

Для горизонтальных и пологих месторождений (угол наклона $\leq 10-12^\circ$) характерным является относительно небольшая глубина и значительные размеры карьеров в плане. Вскрытие подобных карьерных полей может

осуществляться различными способами и соответствующими им технологическими схемами.

Вскрытие горизонтальных месторождений традиционно осуществляется наклонными внешними общими капитальными траншеями. Однако, как показали результаты экологической оценки технологических схем вскрытия [1], существенно большей степенью экологичности ($K_{с.в}$) обладают схемы вскрытия внутренними траншеями (съездами). В связи с этим при выборе рациональной схемы вскрытия необходимо этот фактор учитывать, т.е. производить эколого-экономическое сравнение технологических схем.

Основными эколого-технологическими параметрами, определяющими выбор рациональных технологических схем вскрытия горизонтального месторождения являются:

- 1) коэффициент экологичности схемы вскрытия ($K_{с.в}$);
- 2) объем горнокапитальных работ по проведению вскрывающих выработок ($V_{гкр}$);
- 3) расстояние транспортирования полезного ископаемого ($l_{тр}$).

Методические принципы определения первого показателя приведены в работе [1].

Объем горнокапитальных работ, в общем случае, определяется из следующего выражения:

$$V_{гкр} = V_{к.т} + V_{р.т}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где $V_{к.т}$ и $V_{р.т}$ – соответственно, объемы строительных работ по проходке капитальной и разрезной траншеи, м^3 .

Формула (1) приемлема при вскрытии месторождения внешними капитальными траншеями.

При вскрытии месторождения внутренними общими траншеями необходимо учитывать то, что для их размещения требуется разнос нера-

бочего борта горизонтальной выездной траншеи ($V_{р.б}$), а также дополнительный объем горнокапитальных работ по проведению первоначального котлована ($V_{пк}$) с целью обеспечения проходки разрезной траншеи, т.е.:

$$V_{гкр} = V_{р.б} + V_{п.к} + V_{р.т}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

Формула (2) применима для простой формы трассы (ПФТ) и допущении, что при большой мощности вскрыши отдельные нерабочие уступы с нерабочими (транспортными) площадками представляются одним откосом нерабочего борта высотой H .

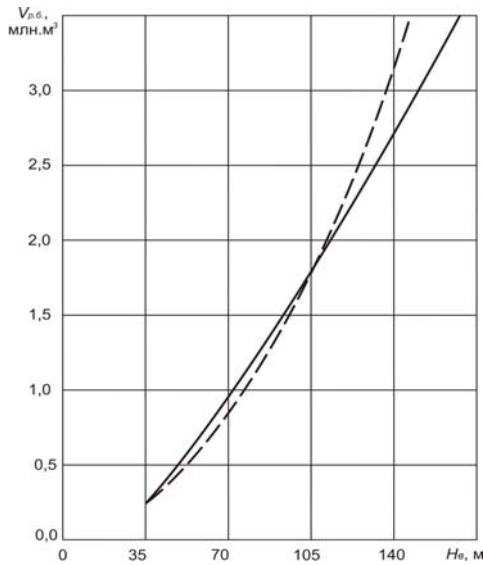
Для сложной формы трассы (СФР) движения транспортных средств более точный результат может быть получен при расчете $V_{р.б}$ по следующей установленной формуле:

$$V_{р.б} = n_y V_c + (n_y - 1) \times \left[2l_n + \frac{H}{i} + 2H_y \text{ctg} \gamma_y + b_n + b_{мп} \right] H_y b_c + (n_y - 2) [2H_y \text{ctg} \gamma_y + b_n + b_{мп}] H_y b_c + 0,5(n_y - 1) H_y b_c (b_n + b_{мп}), \text{ м}^3 \quad (3)$$

$$V_c = 0,5 H_y b_c \left(2l_n + H_y \text{ctg} \gamma_y + \frac{H_y}{i} \right), \text{ м}^3 \quad (4)$$

где V_c – объем горно-строительных работ по проведению внутренней траншеи (съезда), м^3 ; H_y – высота нерабочего уступа, м; γ_y – угол откоса нерабочего уступа, град; n_y – число нерабочих уступов на борту выездной траншеи; b_n и $b_{тр}$ – соответственно ширина предохранительной и транспортной площадок, м; b_c – ширина съезда, м.

Формула (3) учитывает разделение общей толщины вскрыши (H_B) на вскрышные уступы определенной высоты (H_y), которая определяет число съездов (n_y), влияющих на величину $V_{р.б}$. При $n_y = 1$, т.е. $H_y = H_B$, $V_{р.б} = V_c$.



На рис. 1 приведены графики зависимости $V_{p,б}=f(H_B)$ для простой формы трассы (штриховая линия) и сложной (сплошная линия).

Как видно из приведенных графиков объем горно-капитальных работ по разному нерабочего (транспортного) борту выездной траншеи при ПФТ несколько меньше объема $V_{p,б}$, соответствующему сложной форме трассы (СФТ) до глубины $H_B=105-110$ м. При возрастании мощности вскрыши свыше 110 м СФТ движения транспортных средств более предпочтительна. Так для $H_B=120$ м сокращение объема $V_{p,б}$ при СФТ составляет 100-150 тыс. м³.

Одним из главных параметров вскрытия месторождения является внутрикарьерное расстояние транспортирования полезного ископаемого ($l_{тр}$).

В качестве внутрикарьерного транспорта чаще всего применяется автотранспорт, эффективность которого зависит, прежде всего, от величины $l_{тр}$. Поэтому для каждой из сравниваемых технологических схем вскрытия необходимо как можно точнее определять этот параметр.

Рис. 1. Графики зависимостей объемов горно-капитальных работ по разному борту от мощности вскрыши

— СФТ;
- - - ПФТ.

Для технологических схем вскрытия месторождения внутренними траншеями (наклонными съездами) величина $l_{тр}$ зависит от места и стационарности расположения на нерабочем (транспортном) борту выездной (горизонтальной) траншеи, а также от количества переносов (переустройств) этих съездов (n_c).

Так, в случае стационарного размещения наклонных съездов с левого фланга карьерного поля ($n_c=1$) средневзвешенное расстояние транспортирования полезного ископаемого будет определяться по формуле:

$$l_{mp} = \frac{l_1 \cdot l_0 + l_2 (L_k - l_0)}{L_k}, \text{ км.} \quad (5)$$

При полустационарном размещении системы наклонных съездов ($n_c > 1$) средневзвешенная величина $l_{тр}$ определяется как:

$$l_{mp} = \frac{l_1 \cdot l_0 + \sum_{i=2}^{n_c+1} l_i \frac{L_k - l_0}{n_c}}{L_k}, \text{ км,} \quad (6)$$

$$\sum_{i=2}^{n_c+1} l_i = n_c \left(\frac{B_k}{2} + l_n + \frac{L_k - l_0}{2n_c} \right) + \sum_{i=2}^{n_c+1} (i-2) \frac{L_k - l_0}{n_c}, \text{ км,} \quad (7)$$

где l_i - среднее расстояние транспортирования полезного ископаемого от забоя до устья наклонного съезда на поверхности, км; l_n - расстояние транспортирования по борту, т.е. по наклонным съездам, км; $i=2, 3, 4 \dots n_c$ - количество переносов съездов, шт.

$$n_{c_{max}} = \frac{(L_k - l_0) i}{H_y^{cp}}, \text{ шт,} \quad (8)$$

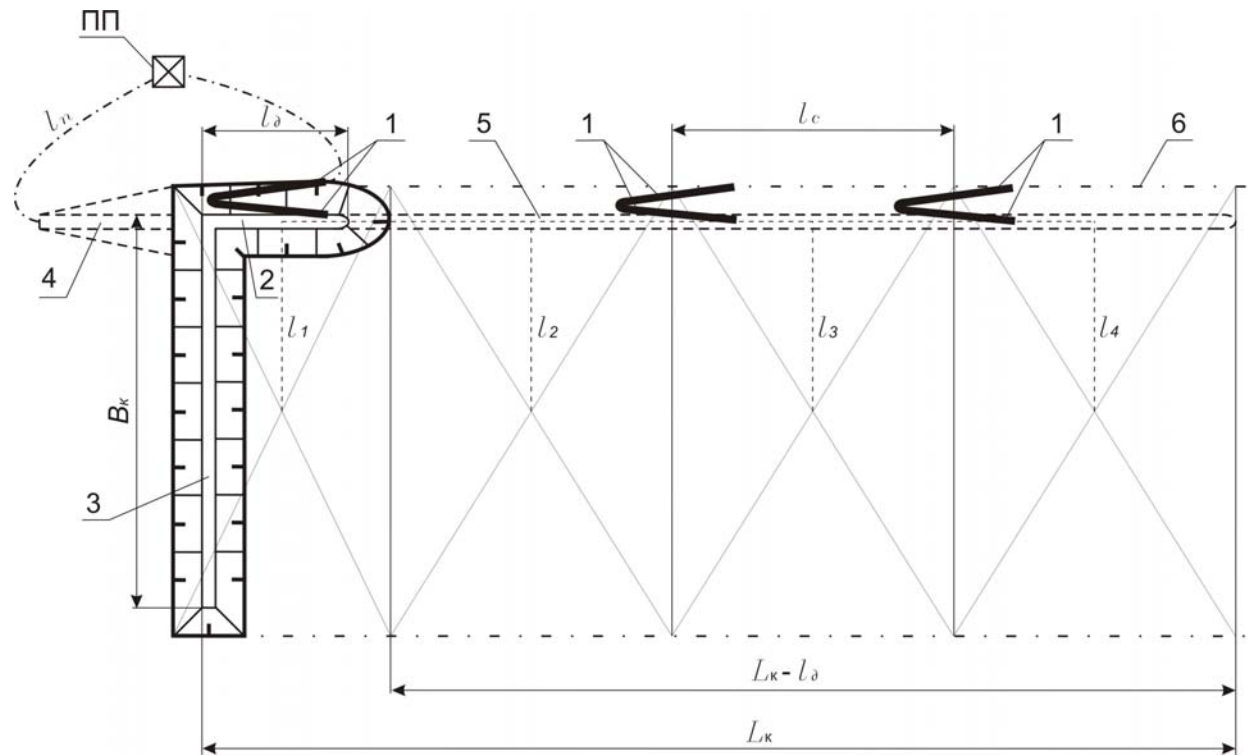


Рис. 2. Схема вскрытия месторождения внутренними траншеями (полу стационарными съездами): 1 – наклонные съезды; 2 – первоначальный котлован; 3 – разрезная траншея; 4 – внешняя капитальная траншея (как базовый вариант для сравнения); 5 – горизонтальная выездная траншея; 6 – контур карьерного поля на поверхности

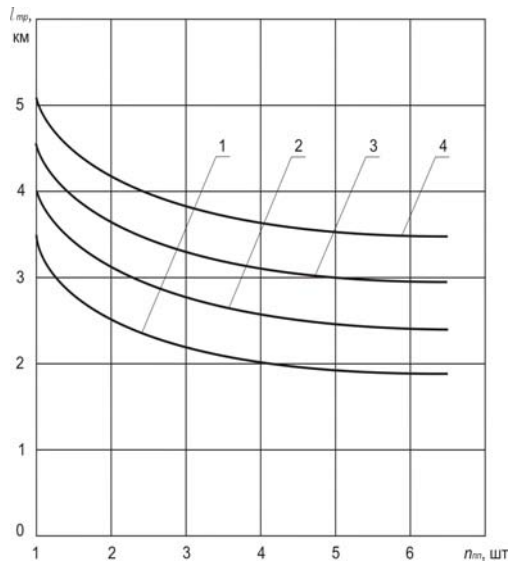


Рис. 3. Графики зависимости внутрикарьерного расстояния транспортирования полезного ископаемого от числа перегрузочных пунктов: 1, 2, 3, 4 – соответственно при $H_B=35, 70, 105$ и 140 м

$$l_n = \frac{H_B}{i} + nl_n, \text{ км}, \quad (11)$$

где H_B - мощность вскрыши, м; i - уклон внутренних капитальных траншей (съездов), отн. ед.; n - число участков примыкания (горизонтальных вставок), шт; l_n - длина участков примыкания; при автотранспорте $l_{n_{\min}} = 50$ м;

$$n = \frac{H_B}{H_y^{cp}}, \quad (12)$$

где H_y^{cp} - средняя высота вскрышного уступа, м.

По вышеприведенным формулам выполнены расчеты по определению величины $l_{сп}$. Данные расчеты выполнены для типичных размеров карьерного поля $B_k=2$ км, $L_k=5$ км.

Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Как видно из приведенных результатов расчетов с увеличением числа переносов перегрузочного пункта (ПП) в случае применения комбинированного транспорта расстояние транспортирования существенно сокращается, что необходимо учитывать при выборе рациональной схемы вскрытия месторождения.

Максимальное значение $n_{пт}$, исходя из размеров карьерного поля определяется по формуле:

$$n_{пт} = \frac{L_k}{\frac{H_y}{i} + nl_n}, \quad (13)$$

При обосновании выбора рациональных технологических схем вскрытия месторождения внутренними полустационарными траншеями (съездами)

где H_y^{cp} - средняя высота вскрышного уступа на нерабочем борту выездной (горизонтальной) траншеи, м; i - уклон съездов, отн. ед.

Средневзвешенное внутрикарьерное расстояние транспортирования полезного ископаемого при применении комбинированного транспорта, когда сборочным внутрикарьерным транспортом являются автосамосвалы, определяется по формуле:

$$l_{сп} = \frac{l_1 \cdot l_0 + \left(\frac{B_k}{2} + l_n + \frac{L_k - l_0}{2n_{пт}} \right) (L_k - l_0)}{L_k}, \text{ км}, \quad (9)$$

где l_1 - расстояние транспортирования полезного ископаемого при вскрытии месторождения внутренними общими траншеями на момент отработки части карьерного поля длиной l_d (рис. 2), км;

$$l_1 = \frac{B_k}{2} + l_n + \frac{l_0}{2}, \text{ км}, \quad (10)$$

l_d - длина первоначального котлована (по дну), км; $n_{пт}$ - число перегрузочных пунктов, шт.; l_n - расстояние транспортирования по борту карьера, км;

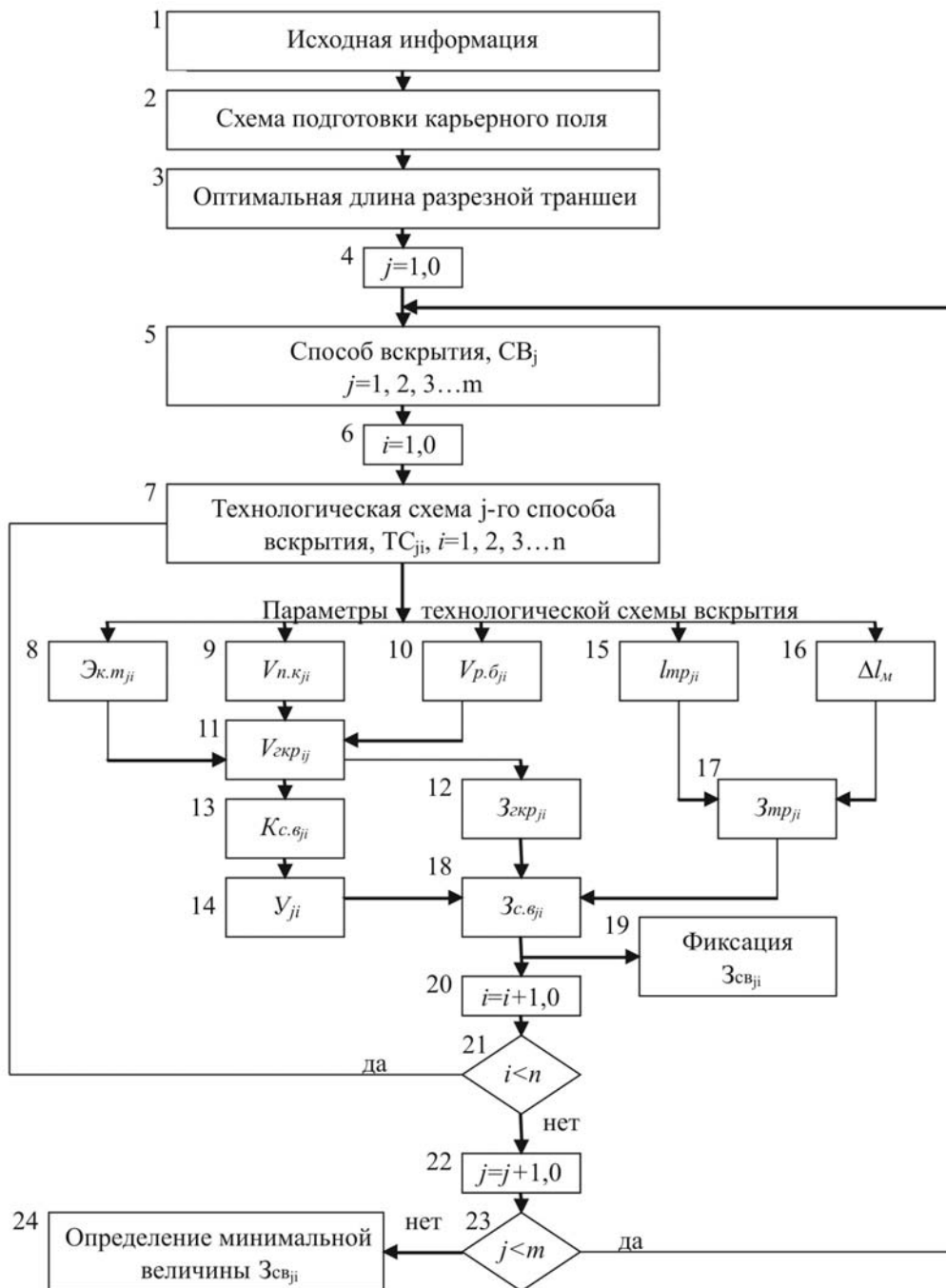


Рис. 4. Блок-схема выбора рациональной технологической схемы вскрытия месторождения

и применении комбинированного транспорта для доставки п.и. на ОФ следует учитывать приращение расстояния транспортирования магистральным транспортом (ΔI_m), в качестве которого может применяться железнодорожный, конвейерный и гидравлический.

Среднее значение величины ΔI_m не зависит от числа переустройств (переносов) перегрузочного пункта ($n_{пп}$) и определяется по формуле:

$$\Delta I_m = \frac{L_k + I_o}{2}, \text{ м.} \quad (14)$$

Выбор рациональной технологической схемы вскрытия месторождения следует производить в определенной последовательности (рис. 4). Как видно из приведенной блок-схемы последовательности расчетов вопросы установления рациональной схемы подготовки карьерного поля (СПКП), направления развития фронта горных работ, а также длины разрезной траншеи должны решаться первоначально (блоки 2 и 3).

Для каждого из "m" сравниваемых способов вскрытия месторождения (СВ_j) и соответствующих ему технологических схем (ТС_{ji}) устанавливаются главные их параметры: $V_{гкр_{ji}}$, $I_{тр_{ji}}$, $K_{с.в_{ji}}$ (блоки 8-11, 15, 16 и 13)

Выбор рациональной (экономически и экологически приемлемой) схе-

мы вскрытия производится по минимуму суммарных затрат на производство горно-капитальных работ (блок 12), эксплуатационных затрат на транспортирование полезного ископаемого до ОФ (блок 17) и ущерба, наносимого окружающей среде за счет изъятия земель из сельскохозяйственного производства (блок 14).

Отличительной особенностью приведенной методики установления рациональной технологической схемы вскрытия месторождения является то, что сравнение способов и соответствующих им схем производится после установления рациональных схем ПКП, направления развития горных работ и определения оптимальной длины фронта разрезной траншеи. Следует, также, подчеркнуть, что поскольку объем работ по проходке разрезной траншеи ($V_{р.т.}$) не зависит от способа вскрытия, то его учет в общем объеме горнокапитальных работ может не производиться.

Изложенные методические принципы технологического и эколого-экономического обоснования схемы вскрытия карьерных полей позволяют более точно производить расчеты основных параметров вскрытия месторождения с учетом степени экологичности каждой из рассматриваемых технологических схем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Выбор* и обоснование экологических показателей оценки технологических схем подготовки и вскрытия карьерного поля. Гуменик И.Л., Панасенко А.И., Летучий В.В. (Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, квітень 2006 р.). **ГІАБ**

Коротко об авторах

Гуменик И.Л. – доктор технических наук, зав. кафедрой открытых горных работ, guteniki@ntu.org.ua,

Панасенко А.И. – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, panasenko@ntu.org.ua,

Летучий В.В. – научный сотрудник, ассистент, vladimirlet@gmail.com

Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина, rector@nmu.org.ua